

ДОСТИЖЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ТВЕРДОСТИ В СЕЧЕНИИ ПРУТКОВ ИЗ БРОНЗЫ БРХ0,9

Проведен анализ трудностей, связанных с измерением твердости прутков малых диаметров стандартным методом. Показаны негативные последствия печного нагрева в отношении свойств готовых меднохромовых прутков. Путем совмещения прессования заготовок и их последующей закалки в воде получены меднохромовые прутки с твердостью на торцевой и боковой поверхностях, удовлетворяющей требованиям стандартов.

Ключевые слова: хромовая бронза, пруток, термдеформационная обработка, электроды, контактной сварки.

The analysis of the difficulties associated with the measurement of the hardness of small diameter rods standard method. Showing the negative effects of heating furnace in relation to the properties of the finished mednohromovyh rods. By combining extrusion billets and their subsequent quenching in water obtained mednohromovye rods with a hardness on the front and side surfaces satisfying the requirements of the standards.

Keywords: chromed bronze, rod, hardness, thermodeformation processing, electrodes, wel.

Группа хромовых бронз включает двойные медь-хром, а также более сложные хромсодержащие медные сплавы при концентрации хрома до 1,2 % [1]. Полуфабрикаты из хромовых бронз в общем выпуске изделий из низколегированных медных сплавов занимают весьма значимое место; при этом наиболее широко используются двойные медь-хром и тройные медь-хром-цирконий системы; и их производство составляет около 80 % объема продукции хромовых бронз. Следует отметить, что эти бронзы обладают уникальным сочетанием эксплуатационных свойств, что позволяет эффективно использовать изделия из них в различных отраслях машиностроения, электротехнике, приборостроении и др. При этом оптимальное соотношение их механических и электротехнических характеристик обеспечивается термдеформационной обработкой (ТДО) полуфабрикатов [2–4].

Наиболее важной механической характеристикой прутков из хромовой бронзы, предназначенных, в частности, для электродов машин электроконтактной сварки, является твердость. Европейский стандарт BS EN 12163:1998 [5] регламентирует их твердость по Бринеллю и Виккерсу. Американский стандарт ASTM B249 [7] предусматривает испытания на

твердость по Роквеллу [9], причем прутки должны обладать твердостью не менее 75 HRB [7]. В российских ТУ [6] приводится временное сопротивление разрыву. Ряд заказчиков меднохромовых прутков (зарубежных и российских) оговаривают с изготовителями повышенные требования по твердости и качеству поверхности.

Необходимость достижения достаточного уровня твердости именно на боковой поверхности прутка обусловлено последующей эксплуатацией изготовленного из него сварочного электрода. При сварке роликовым электродом предпочтительно иметь повышенную твердость на его цилиндрической, т. е. боковой поверхности, а при сварке стержневым электродом вполне достаточно соблюдения твердости на его торце. Кроме того, некоторые российские и зарубежные потребители требуют контроля твердости как на торцевой, так и на боковой поверхностях, обосновывая это тем, что такой контроль важен не только для роликовых электродов, но и для деталей машин, поверхности которых (например, цилиндрические или шестигранные) испытывают основные рабочие нагрузки. При этом необходимо отметить следующее.

1. Ни в российских, ни в зарубежных нормативных документах не приведены требования, касающиеся измерения твердости на боковой поверхности прутков.

2. Необходимость знания твердости именно на боковой поверхности связана с тем, что трудно измерить твердость на торце у прутков самых малых диаметров (менее 10 мм) по причине особых требований к условиям ее измерения. Особенно жесткие требования по расположению отпечатков индентора (сравнительно с европейским стандартом [5]) налагает ГОСТ 9013-59 [10]. Так, при контроле твердости по Роквеллу (шкала В) по трем отпечаткам (с ее последующим усреднением) расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее четырех их диаметров, а расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее 2,5 диаметров отпечатка. Простой расчет показывает, что при диаметре отпечатка ~1 мм (что соответствует нижнему значению твердости 75 HRB согласно [7]) минимальный диаметр цилиндрического образца, с учетом требований измерения твердости на его торце согласно [10] составляет ~9,6 мм. Таким образом, возникают непреодолимые трудности при необходимости измерения твердости на торце прутков диаметром менее 10 мм (напомним, что в российском [11] и европейском [5] нормативных документа указан минимальный диаметр прутков соответственно 8 и 4 мм).

3. Существует также дополнительная проблема, связанная с различием твердости на торцевой и боковой поверхностях прутков после их нагрева. При нагревании заготовки под закалку до температуры около 950 °С в печи с окислительной атмосферой твердость на боковой поверхности готовых прутков оказывается сниженной из-за диффузии кислорода в поверхностные слои заготовки и как следствие частичного окисления хрома.

Как показала статистическая обработка промышленных данных, это снижение может достигать 3–5 HRB. При этом минимальное значение твердости на боковой поверхности может в принципе понизиться до 70 HRB, в то время как нижний нормативный уровень составляет 75 HRB.

С целью повышения твердости готовых меднохромовых прутков не менее чем на 3–5 HRB закалку горячепрессованных заготовок в воде осуществили непосредственно после их выхода из канала матрицы горизонтального гидравлического пресса (ГГП) с использованием теплоты, полученной металлом при нагреве под прессование и в самом процессе прессования [8, 12]. Путем совмещения операций прессования и закалки было исключено отрицательное влияние нагрева прутков до закалочных температур на твердость их боковой поверхности. В результате удалось повысить твердость на недостающие 3–5 единиц, т. е. твердость составила не менее $75 + (3-5) = 78-80$ HRB. Таким образом, повышение твердости на боковой поверхности прутков косвенным образом гарантировало получение требуемой твердости также и на торцевой поверхности прутков самых малых размеров с учетом невозможности ее определения на торце образцов минимальных диаметров по стандартным методикам [5, 10]. При старении прутков при температурах порядка 450 °С их поверхностная твердость может незначительно снизиться, но т. к. процесс диффузии кислорода при этой температуре малоинтенсивен, то этим снижением можно пренебречь.

Конкретные полученные значения твердости на боковой поверхности, составляющие не менее 75 HRB (с учетом отмеченного выше их снижения вследствие частичного окисления хрома), можно в принципе считать приемлемыми, однако из-за неизбежных отклонений, возникающих в условиях реального производства и необходимости стабильного соответствия нормативу, их повысили путем введения в практику измененного режима ТДО [12]. В этом случае прессование с одновременной закалкой прессованных заготовок провели на ГГП усилием 15 МН, снабженного водяной ванной. Далее заготовки протягивали до предчистовых размеров, подвергали старению и затем волочению до готового диаметра. После скорректированного режима ТДО фактическая твердость на торцевой и цилиндрической поверхностях составила 78–83 HRB, что в полной мере соответствует требованиям нормативного документа.

Список литературы

1. ГОСТ 18175-78. Бронзы безоловянные обрабатываемые давлением. Марки. М.: Изд-во стандартов, 1991. 12 с.
2. Николаев А. К. Сплавы для электродов контактной сварки / А. К. Николаев, В. М. Розенберг. М.: Металлургия, 1978. 96 с.
3. Розенберг В. М., Николаев А. К. // Цветные металлы. 1972. № 8. С. 65–70.

4. Европейский стандарт EN BS 12163: 1998. Медь и медные сплавы – пруток общего назначения. 1CS 77.150.30.
5. ТУ 48-21 163-83. Прутки хромовой бронзы.
6. ASTM B 249. Общие требования на деформируемые медные сплавы. Прутки, полосы, профили.
7. Металлы : справочник / пер. с англ. ; под ред. Ю. П. Солнцева. СПб.: Изд-во ФГУП ЦКБ МТ «Рубин», 2000. 614 с.
8. Пат. РФ № 2239670 РФ. Способ термомодеформационной обработки изделий из хромовой бронзы / А. И. Снигирев, Л. М. Железняк, А. В. Миллер // БИ № 31. 2008.
9. ГОСТ 9013-59. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. М: Изд-во стандартов. 6 с.
10. ТУ 48-21-408-86. Прутки хромовой бронзы круглого и шестигранного сечения.
11. Пат. РФ № 2327807. Способ термомодеформационной обработки прутков из хромовой бронзы / Н. С. Арсентьева, Н. Ф. Боков, О. Н. Дашкевич, Л. М. Железняк, Н. В. Кузьмина, Е. В. Кузьмина // БИ № 18. 2008.
12. *Дашкевич О. Н.* Совершенствование технологии производства медно-хромовых прутков / О. Н. Дашкевич, Е. В. Кузьмина, Л. М. Железняк и др. // Производство проката. 2013. № 8. С. 15.